

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-165632

(43)Date of publication of application : 26.06.1990

(51)Int.Cl.

H01L 21/3205
// H01L 21/28
H01L 21/28

(21)Application number : 63-319597

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 20.12.1988

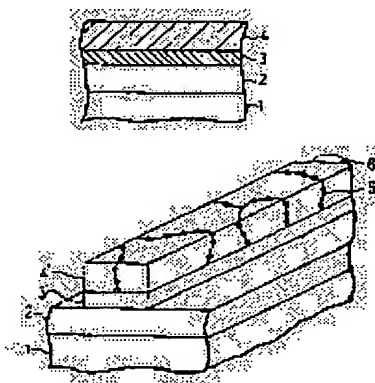
(72)Inventor : NAKASAKI YASUSHI
KAWANOUE TAKASHI

(54) MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To form a diffusion barrier scattering and depositing an intermetallic compound of copper and an additional element in a grain boundary, suppress the intercrystalline diffusion, and reduce the specific resistance of the wiring remarkably, by accumulating a thin alloy film whose main component is copper, and heat-treating it in a nonoxidizing gas atmosphere.

CONSTITUTION: After a substrate 1 with a thin copper alloy film 4 formed over it is set in an infrared image furnace, the gas inside the furnace is exhausted of air into a vacuum state. After that, a gas consisting of hydrogen, 20vol.%, and nitrogen, 80vol.%, is flowed in the furnace. Then, the inside temperature of the above-mentioned furnace is raised up to about 800° C and heat treatment is performed. This produces deposits 6 consisting of two kinds of intermetallic compound Cu₃Zr and Cr in the grain boundary 5 of a copper alloy wiring layer 4', forms a diffusion barrier, suppresses the intercrystalline diffusion, and reduces the wiring resistance remarkably.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-165632

⑬ Int. Cl.³

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)6月26日

H 01 L 21/3205
// H 01 L 21/28

3 0 1 B
Z

7738-5F
7738-5F
6810-5F

H 01 L 21/88

M

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全5頁)

⑮ 発明の名称 半導体装置の製造方法

⑯ 特 願 昭63-319597

⑰ 出 願 昭63(1988)12月20日

⑱ 発 明 者 中 崎 靖 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝総合研究
所内

⑲ 発 明 者 川 ノ 上 孝 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝総合研究
所内

⑳ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

㉑ 代 理 人 弁 理 士 三 好 保 男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

半導体装置の製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) 半導体基板の主面上に銅を主成分とする合金薄膜を堆積する工程と、前記合金薄膜の堆積された前記基板を非酸化性ガス雰囲気中で650℃以上900℃以下の温度範囲内で熱処理する工程とを具備することを特徴とする半導体装置の製造方法。

(2) 上記熱処理工程において、少なくとも650℃以上900℃以下の温度範囲内の所定の温度へ所定の昇温速度で加熱し、所定の温度に達した際、所定時間前記所定温度を保持し、しかるのち所定降温速度で冷却するような熱処理を行なうことを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

(3) 前記非酸化性ガス雰囲気は不活性ガスまたは還元性ガス雰囲気であり、前記昇温速度は50℃/分、前記所定の温度は800℃、前記所定時間

は30分、前記降温速度は50℃/分であることを特徴とする請求項2に記載の半導体装置の製造方法。

(4) 前記合金薄膜は銅(Cu)を主成分とし、Ag(銀)、Cr(クロム)、Ti(チタニウム)、Zr(ジルコニウム)、Hf(ハフニウム)、Co(コバルト)、Ta(タンタル)、Mo(モリブデン)、W(タングステン)、Nb(ニオブ)、Ni(ニッケル)のうちの1つまたは複数の元素との合金であることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

(5) 前記銅を主成分とする合金薄膜は、Cu 99.46重量%、Cr 0.44重量%、Zr 0.10重量%で構成されていることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

[発明の目的]

(産業上の利用分野)

本発明は半導体装置の製造方法、特に銅を主成分とする合金を主要な配線用材料として使用し、

低い比抵抗の配線を有する半導体装置の製造方法に因する。

(従来の技術)

近年、超LSIなど、半導体装置の高集積化に伴ない該半導体装置内の配線幅および配線厚さを縮小化したり配線の多層化が進められている。そしてその配線材料としては、例えば $2.75\mu\text{m}$ 程度の低い比抵抗を有しかつ不動態被覆で防食が施されたアルミニウムを主成分とするアルミニウム合金が用いられている。

しかしながら、アルミニウムはその融点が 660°C と低いので、比較的低温でも原子の拡散、特に結晶粒界を経路とする拡散が起り易い。更にアルミニウムにおいては熱ストレスによる引っ張り応力が生じた場合には、アルミニウムを主成分とする合金の配線でも、原子の拡散が加速されてしまう。その結果、配線断面の縮小化にもかかわらず配線を流れる信号電流は低減化されないで、電流密度は増大し、エレクトロマイグレーションによる断線が大きな問題となってきた。

常のスパッタリング法で形成された銅薄膜の平均結晶粒径は、焼結処理後も $1\mu\text{m}$ 以下にとどまり、いわゆるバンパー構造(竹の節の如き構造)が形成されていない点にある。

一般に、 Al-Si-Cu 合金の平均結晶粒径が約 $3\mu\text{m}$ であり、一方バンパー構造が形成されるのに必要な最大配線幅が約 $0.5\mu\text{m}$ であることが知られている点を考えて両者の比をとれば、下記の点が見える。すなわち、銅配線においては、配線幅を約 $0.5\mu\text{m}$ 以上にすると、バンパー構造が形成されることよりも、屈折瓦状構造(三重節部)が形成され易いことがわかり、エレクトロマイグレーションにおける原子拡散経路は、粒界拡散が主となる。したがって、配線幅を $0.5\mu\text{m}$ 以上の場合は、粒界拡散を抑制すれば、エレクトロマイグレーションも抑制されるので配線の寿命を相当延長しうることになる。

上記の目的を達成するために、遷移金属と銅の金属間化合物または遷移金属自体を結晶粒界に分散析出させ、拡散経路に拡散バリアを形成するこ

また、前記配線の多層化に伴ない、各配線は複雑な熱履歴現象を受けるので、配線に加わる熱ストレスから生じるストレスマイグレーションによる断線も問題となってきた。

このような状況下において、最近、アルミニウムと同様、またはそれ以上の低い比抵抗を持ちながら、融点がアルミニウムのそれよりも高い銅を配線材料として使用する技術が注目され、その実用化が検討されている。

しかしながら銅の場合には、純銅を使用したとしても、エレクトロマイグレーションによる配線劣化のため、その寿命はアルミニウム-シリコン-銅(Al-Si-Cu)合金と比較して、数倍または数十倍程度しか延長できないことが知られている。この程度の寿命の延長数値は、銅の原子の粒界拡散の活性化エネルギーの量などから計算でき、こうして計算された寿命の値と実際の寿命の値とは、ほぼ一致している。

それでは、銅を用いた従来の配線寿命があまり延長しえない原因は何かについて究明すると、通

とが有効である。しかしながら、銅を主成分とする遷移金属との合金配線の場合には、通常のアルミニウム系合金配線に対して行なわれる 450°C 程度の熱処理を行なうだけでは、比抵抗において $3\mu\text{m}$ 以上になり、アルミニウム系合金よりも高い比抵抗値を呈してしまう。したがって銅自体の有する低い比抵抗の利点が生かされない結果となる。

このような点から、銅を主成分とする合金のバルク材を用いて比抵抗を低減させる方法が提案されている。この方法によれば、前記合金のバルク材を 900°C 以上の温度で加熱してから急冷し、銅と添加元素を固溶体化する第1の熱処理を行ない、次いで 450°C 程度の温度で数時間熱処理することによって添加元素、または添加元素と銅の金属間化合物を析出する第2の熱処理を行ない、目的を達成しようとするものである。

第3図は従来方法による、 Cu-Cr-Zr (銅-クロム-ジルコニウム)合金に対する上記第1の熱処理後の上記第2の熱処理温度と比抵抗

との特性図を示す。同図から判るように、350℃以上での第2の熱処理により普通のCu-Cr-Zr合金の場合には、その比抵抗を $3\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下に低減できる。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、バルク材の場合には、各成分元素相の結晶は、概100 μm 以上というようにその粒径が大であるので、固溶体化のための前記第1の熱処理が必須となる。

しかし他方では、拡散層の深さの増大に伴って、不純物再分布を抑制するため、あるいは熱ストレスの発生を抑制するためには、高温での前記第1の熱処理は避けなければならないという二律背反的問題をかかえており、その解決が求められているのが現状である。

本発明は上記二律背反的問題を解決するもので、銅を主成分とする合金で半導体装置内の配線を形成する際に、高温で固溶体化する従来の第1の熱処理の如き工程を必要とせず、その比抵抗を低減しうる半導体装置の製造方法を提供することを

(実施例)

第1図は本発明による半導体装置の製造方法の工程図を示す。

本発明を実施した半導体装置の製造方法は、第1図(a)に示す如くに、半導体基板1上に層間絶縁膜2を形成し、その半導体基板1を、周知のマグネトロンスパッタリング装置に荷電する。そして上記スパッタリング装置のチャンバー内を $2.0\times 10^{-7}\text{ Torr}$ 以下の真空状態になるように排気した後、上記チャンバー内に窒素アルゴンの混合ガスを導入して、上記半導体基板1を主平面内で回転させながら、チタン(Ti)のターゲットを、電圧を印加して発生させた窒素アルゴンプラズマにおいて、ターゲット電流を流してスパッタし、第1図(b)に示す如くに、窒素チタン層3を500 \AA の厚さで堆積する。

次に、上記チャンバー内に40 cm^3 の流量のアルゴンガスを導入して、その内部圧力が $5.0\times 10^{-7}\text{ Torr}$ に保たれるようにしておく。

そして、前記半導体基板を主平面内で回転させ

目的としている。

(発明の構成)

(課題を解決するための手段)

このために本発明においては、銅を主成分とする合金薄膜を堆積し、これを不活性ガスまたは還元性ガス雰囲気、すなわち非酸化ガス雰囲気中で約650℃以上900℃以下の温度範囲で熱処理を行ない、添加元素または銅と添加元素との金属間化合物を分散析出させる構成としている。

(作用)

本発明においては、銅を主成分とする合金を薄膜にして堆積することによってバルク材と比較して結晶粒径を小さくできると共に、不活性ガスまたは還元性ガス雰囲気内で650℃以上900℃以下の温度範囲で熱処理を行なうことによって銅および添加元素との金属間化合物を結晶粒界に分散析出して拡散バリアを形成し、結晶粒界拡散を抑制する。

したがって、従来技術における第1の熱処理を行わずに、配線の比抵抗を著しく低減できる。

ながら、クロム0.44重量%、ジルコニウム0.10重量%、銅99.46重量%の銅を主成分とする合金のターゲットを形成し、次いで320Vの印加電圧で発生させたアルゴンプラズマガス雰囲気中でターゲット電流2Aにより前記ターゲットをスパッタし、第1図(c)に示す如くに、前記基板上に銅-クロム-ジルコニウム(Cu-Cr-Zr)合金薄膜4を例えば4000 \AA の厚さで堆積する。この合金薄膜は、3500 \AA から4500 \AA の厚みが好ましい。

次に、フォトリソグラフィ法、反汚性イオンエッチング法、あるいはイオンスパッタ法を用いて、第1図(d)に示す如くの銅合金配線パターンを形成する。この段階では、上記窒素チタン層3および銅合金配線層4は、いずれもアモルファスあるいは微結晶状態であり、配線抵抗は、 $150\Omega/\square$ であった。

次にこのように銅合金薄膜4が形成された基板1を赤外線イメージ炉内にセットした後、該炉内を排気して $2.0\times 10^{-7}\text{ Torr}$ の真空状態にす

る。しかる後、該炉内に水素20体積%、窒素80体積%からなるガスを1気圧、3000cm³/分の流量で流す。次に、前記炉内の温度を50℃/分の昇温速度で一例として約800℃まで上昇させる。そして約800℃に達したら、該800℃の温度を30分間、維持したのち、50℃/分の降温速度で冷却しながら室温に達するような熱処理を行なう。

それにより、第1図(e)に示す如くの銅合金配線が形成され、ここで、窒化チタン層3'の結晶粒径は約300Åとなり、銅合金配線層4'の結晶粒径は約0.9μmとなった。さらに、第1図(e)に示す銅合金配線層4'の結晶粒界5には、Cu、Zrなる金属間化合物とCrの2種類からなる析出物6が析出し、配線抵抗は、上記熱処理前の150mΩ/□から50mΩ/□へ低下した。

また、言い換えると、上記の熱処理によって、Cu-Cr-Zr合金の薄膜が堆積された直後において、その比抵抗が6.1μΩ・cmであったも

のが熱処理後には、2.4μΩ・cmまで低減することができた。

第2図に示す熱処理温度と比抵抗との特性図から判るように、Cu-Cr-Zr合金薄膜の堆積後では熱処理時間は30分の一度の熱処理工程だけで済む。

また、650℃以上、700℃に近い熱処理温度で前記合金の比抵抗が3μΩ・cm以下に低減できることが判る。

なお、上記の本発明による実施例においては、配線材料として銅を主成分としたCu-Cr-Zr合金を用いたが、これに限定されるものではない。

その他、銅を主成分とすれば、Ag(銀)、Cr(クロム)、Ti(チタニウム)、Zr(ジルコニウム)、Hf(ハフニウム)、Co(コバルト)、Ta(タンタル)、Mo(モリブデン)、W(タングステン)、Nb(ニオブ)、Ni(ニッケル)のうち1つまたは複数の元素との合金、またはこれらの窒化物、碳化物、炭化物でもよい。

さらに、半導体装置の配線構造においても、前記本発明の実施例のように銅合金を主たる配線層とする多層配線構造に限定されるものではなく、銅合金単層にしてもよい。

【発明の効果】

以上述べてきたように、従来技術によるアルミニウム系合金あるいは銅を用いた配線においては、エレクトロマイグレーションおよび熱ストレスによる原子拡散のため、その寿命が低下していたのに対し、本発明による半導体装置の製造方法においては、配線材料として動作を主成分とする合金を用いて薄膜を形成すると共に、従来必要とされていた第1の熱処理を不要にして、比較的低温の温度範囲で第2の熱処理のみを行なうことにより拡散バリアを形成し結晶粒界拡散を抑制している。

したがって、本発明によれば一度の熱処理によって銅を主成分とする合金の比抵抗を低減できると共に、熱ストレスおよびエレクトロマイグレーションによる影響を抑制して半導体装置の配線の寿命を著しく延長しうる。

また、本発明によれば銅および添加元素との金属間化合物を結晶粒界に分散析出できるので、許容電流密度が高く信号遅延の小さい高信頼度の微細配線が実現されうる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明を実施した半導体配線の製造工程を示す図、

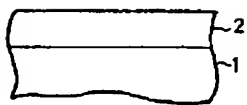
第2図は、本発明の製造方法による半導体装置の銅合金配線の熱処理とその比抵抗との関係を示す特性図、

第3図は従来技術による製造方法で熱処理したバルク銅合金の温度と比抵抗の関係を示す特性図である。

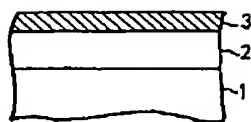
- | | |
|---------|-----------|
| 1…半導体基板 | 3…窒素化チタン層 |
| 4…銅合金薄膜 | 5…結晶粒界 |
| 6…析出物 | |

代理人弁護士 三好保男

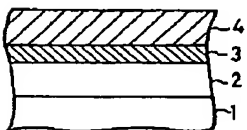
第1圖(a)



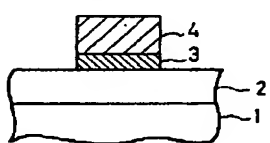
第1圖(b)



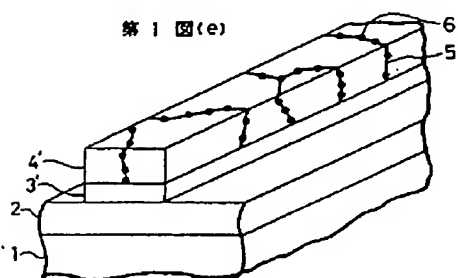
第1圖(c)



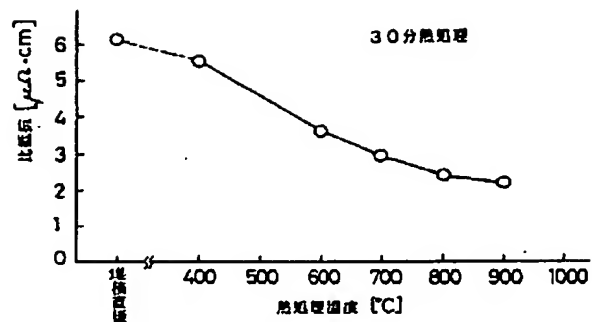
第1圖(d)



第1圖(e)



第2圖



第3圖

